ГУАП

КАФЕДРА № 3

ОТЧЕТ
ЗАЩИЩЕН С ОЦЕНКОЙ хорошо
ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

	28.02.18г	Н.Н. Литвинова
должность, уч. степень, звание	подпись, дата	инициалы, фамилия

ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

МАШИНА АТВУДА

по курсу: ОБЩАЯ ФИЗИКА

	подпись, дата	инициалы, фамилия

Санкт-Петербург 2018

Лабораторная работа №2
Машина Атвуда.
Протокол измерений

Студент группы 1742 Коробков Д.В
Преподаватель Литвинова Н.Н.

Параметры приборов.

$\Theta_t = 0,001$ с Предел измерений: $t = 99,999$ с
$\Theta_s = 2$ мм $S = 50$ см

Результаты измерений:

$S_1 = 18$ см $S_1 = 17$ см $S_1 = 16$ см
$t_2 = 0,255$ с $t_2 = 0,266$ с $t_2 = 0,274$ с
$S_2 = 12$ см $S_2 = 12$ см $S_2 = 12$ см

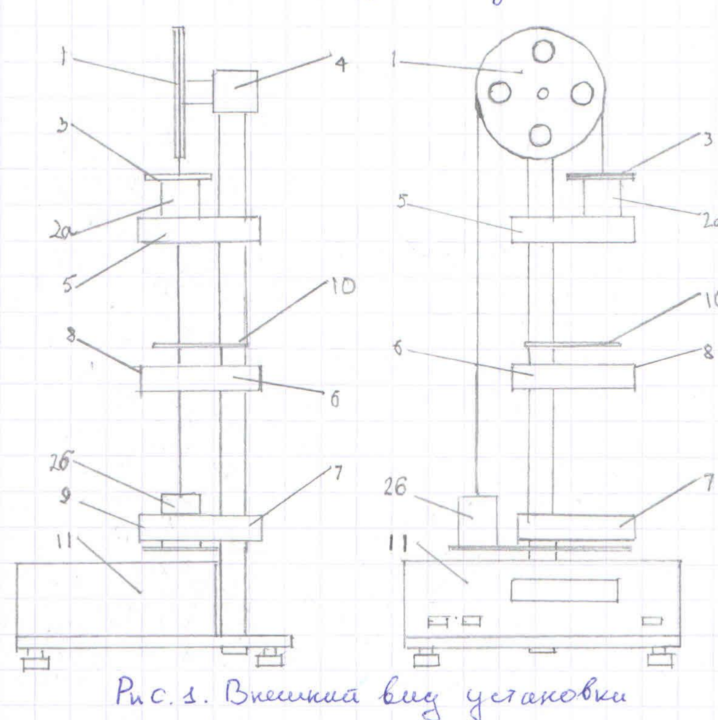
$S_1 = 18$ см $S_1 = 18$ см
$t_2 = 0,226$ с $t_2 = 0,198$ с
$S_2 = 10$ см $S_2 = 9$ см

Дата 21.02.18г

Дкоробков Подпись студента.
Подпись преподавателя.

1. Цель работы - исследование равномерного и равноускоренного прямолинейного движения.

2. Описание лабораторной установки.



1 - блок, закрепленный на вертикальной стойке.
2а и 2б - большие грузы
3 - кольцо, прикрепляющееся к грузу 2а
4 - электромагнит
5 - верхний кронштейн
6 - средний кронштейн
7 - нижний кронштейн
8 - верхний фотодатчик
9 - нижний фотодатчик
10 - полочка, снимающая дополнительный грузик
11 - лицевая панель, на которой имеются клавиши „Сеть", „Пуск" и „Сброс"

Рис. 1. Внешний вид установки

Параметры установки

- Систематическая погрешность измерения времени $\Theta_t = 0,001$с;
- Систематическая погрешность измерения общих путей $\Theta_S = 0,002$м;
- Предел измерений $t = 99,999$с $S = 50$см;

3. Рабочие формулы

$$V = \sqrt{2aS_1} \quad (1)$$

$$a = \frac{S_2^2}{2S_1 \cdot t_2^2} \quad (2)$$

$$a = \frac{mg}{2M+m} \quad (3)$$

$$V = \sqrt{\frac{mgS_1}{2M+m}} \quad (4)$$

В этих формулах: V - скорость грузов при равномерном движении; a - ускорение грузов; S_1 - путь, пройденный телами, за время t_1 равноускоренного движения; S_2 - путь, пройденный телами, за время t_2 при равномерном движении; t_2 - время равномерного движения; g - ускорение свободного падения; M - масса большого груза; m - масса добавляемого груза;

$g = 9,8$ м/с^2 $\quad m = 0,8$г $\quad M = 60,4$г

$$V_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{n} V_i}{n} \quad (5) \qquad a_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{n} a_i}{n} \quad (6)$$

где V_{cp} - среднее значение скорости; a_{cp} - среднее значение ускорения; n - число измерений

4. Результаты измерений и вычислений

Таблица 4.1 Результаты измерений и вычислений.

S_1, м	0,18	0,17	0,16	0,18	0,18
S_2, м	0,12	0,12	0,12	0,10	0,09
t_2, с	0,255	0,266	0,274	0,226	0,198
v, м/с	0,47	0,45	0,44	0,44	0,45
a, м/с²	0,62	0,60	0,60	0,54	0,57
Θ_v м/с	0,132	0,131	0,128	0,131	0,126
Θ_a м/с²	0,032	0,031	0,032	0,033	0,038

$a_{ср} = 0,59$ м/с²

$v_{ср} = 0,45$ м/с

5. Примеры вычислений

По формуле (1) $v = \sqrt{2aS_1} = \sqrt{2 \cdot 0,62 \cdot 0,18} = 0,47$ м/с

По формуле (2) $a = \frac{S_2^2}{2S_1 \cdot t_2^2} = \frac{0,12^2}{2 \cdot 0,18 \cdot 0,255^2} = 0,62$ м/с²

По формуле (3) $a = \frac{mg}{2M+m} = \frac{0,008 \cdot 9,8}{2 \cdot 0,0604 + 0,008} = 0,61$ м/с²

По формуле (4) $v = \sqrt{\frac{mg}{2M+m}} = \sqrt{\frac{0,008 \cdot 9,8 \cdot 0,18}{2 \cdot 0,0604 + 0,008}} = 0,33$ м/с

По формуле (5) $v_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{n} v_i}{n} = \frac{0,47+0,45+0,44+0,44+0,45}{5} = 0,45$ м/с

По формуле (6) $a_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{n} a_i}{n} = \frac{0,62+0,60+0,60+0,54+0,57}{5} = 0,59$ м/с²

6. Вычисление погрешностей

6.1 Систематические погрешности

6.1.1 $\Theta_S = 0,002$ м

6.1.2 $\Theta_t = 0,001$ с

6.1.3 Вывод формулы для систематической погрешности косвенного измерения ускорения

$$a = a(S_1, S_2, t_2) = \frac{S_2^2}{2S_1 \cdot t_2^2} \longrightarrow \Theta_a = \frac{S_2 \cdot \Theta_S}{S_1 \cdot t_2^2} + \frac{S_2^2 \cdot \Theta_S}{2t_2^2 \cdot S_1^2} + \frac{S_2^2 \cdot \Theta_{t_2}}{S_1 \cdot t_2^3};$$

Вычисления по выведенной формуле.

$$\Theta_{a_1} = \frac{0,12 \cdot 0,002}{0,18 \cdot 0,255^2} + \frac{0,12^2 \cdot 0,002}{2 \cdot 0,255^2 \cdot 0,18^2} + \frac{0,12^2 \cdot 0,001}{0,18 \cdot 0,255^3} = 0,032 \text{ м/с}^2$$

6.1.4 Вывод формулы для систематической погрешности косвенного измерения скорости.

$$v = v(a, S_1) = \sqrt{2aS_1} \longrightarrow \Theta_v = \frac{\sqrt{2a} \cdot \Theta_S}{2\sqrt{S_1}} + \frac{\sqrt{2S_1} \cdot \Theta_a}{2\sqrt{a}};$$

Вычисление по выведенной формуле

$$\Theta_v = \frac{\sqrt{2\cdot 0{,}62}\cdot 0{,}002}{2\cdot\sqrt{0{,}18}} + \frac{\sqrt{2\cdot 0{,}18}\cdot 0{,}03}{2\cdot\sqrt{0{,}62}} = 0{,}132 \text{ м/с}$$

6.2 Случайные погрешности

6.2.1 Средняя квадратичная погрешность скорости

$$S_v = \sqrt{\frac{(v_1-v_{ср})+(v_2-v_{ср})^2+\ldots+(v_N-v_{ср})^2}{N-1}};\quad S_v = \sqrt{\frac{(0{,}47-0{,}45)^2+2(0{,}44-0{,}45)^2}{4}} = 0{,}013 \text{ м/с}$$

6.2.2 Среднее квадратичное отклонение скорости

$$S_{vср} = \sqrt{\frac{(v_1-v_{ср})^2+(v_2-v_{ср})^2+\ldots+(v_N-v_{ср})^2}{(N-1)N}} = \frac{S_v}{\sqrt{N}};\quad S_{vср} = \frac{0{,}013}{\sqrt{5}} = 0{,}006 \text{ м/с}$$

6.3.1 Средняя квадратичная погрешность ускорения

$$S_a = \sqrt{\frac{(a_1-a_{ср})^2+(a_2-a_{ср})^2+\ldots+(a_n-a_{ср})^2}{N-1}};\quad S_a = \sqrt{\frac{(0{,}62-0{,}59)^2+2(0{,}60-0{,}59)^2+(0{,}54-0{,}59)^2+(0{,}57-0{,}59)^2}{4}} = 0{,}028 \text{ м/с}^2$$

6.3.2 Среднее квадратичное отклонение ускорения

$$S_{aср} = \sqrt{\frac{(a_1-a_{ср})^2+(a_2-a_{ср})^2+\ldots+(a_N-a_{ср})^2}{(N-1)N}} = \frac{S_a}{\sqrt{N}};\quad S_{aср} = \frac{0{,}028}{\sqrt{5}} = 0{,}012 \text{ м/с}^2$$

В данной работе проводятся измерения неслучайных чисел по своей природе физических величин: скорости тел - v и ускорения этих же тел - a, поэтому проверяем неравенства: 1) $S_v \le \Theta_v$ и $S_{vср} < \Theta_v$ 2) $S_a \le \Theta_a$ и $S_{aср} < \Theta_a$

$0{,}013$ м/с $< 0{,}132$ м/с, т.е $S_v < \Theta_v$ $0{,}028$ м/с$^2 \le 0{,}032$ м/с^2, т.е $S_a < \Theta_a$

$0{,}006$ м/с $< 0{,}132$ м/с, т.е $S_{vср} \ll \Theta_v$ $0{,}012$ м/с$^2 < 0{,}032$ м/с^2, т.е $S_{aср} \ll \Theta_a$

Получившиеся неравенства говорят о том, что в измерениях, скорее всего, нет грубых ошибок и промахов.

6.4 Полная погрешность

В случае, когда измеряются неслучайные по своей природе физические величины, случайные погрешности уже учтены в систематических. Объединять их в полную погрешность не надо. Полная погрешность равна систематической погрешности.

$\Delta v = \Theta_v = 0{,}13$ м/с

$\Delta a = \Theta_a = 0{,}03$ м/с^2

7. Выводы

- Скорость прямолинейного равномерного движения $v = (0{,}45 \pm 0{,}13)$ м/с с вероятностью $P = 95\%$
- Ускорение грузов $a = (0{,}59 \pm 0{,}03)$ м/с^2 с вероятностью $P = 95\%$
- Экспериментально определенные значения (v) и ускорение (a) в пределах погрешностей совпадают с рассчетными вычислениями скорости и ускорения.

$v_{теор} = 0{,}33$ м/с

$a_{теор} = 0{,}61$ м/с^2